

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-286771

(43)Date of publication of application : 03.10.2002

(51)Int.Cl.

G01R 27/26

H01G 13/00

(21)Application number : 2001-093563

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 28.03.2001

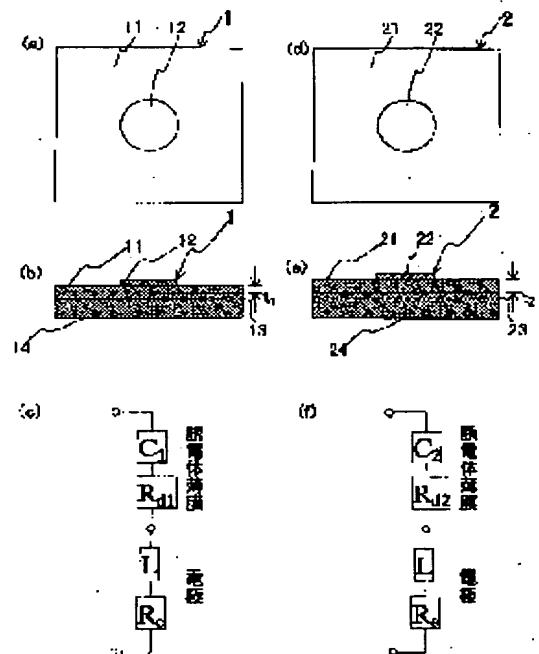
(72)Inventor : NAKAYAMA AKIRA  
MISHIMA TSUNEO

## (54) HIGH-FREQUENCY CHARACTERISTIC MEASURING METHOD

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-frequency characteristic measuring method capable of measuring highly accurately a dielectric constant and a dielectric loss tangent of a dielectric membrane or an inductance and a resistance of an electrode comprising a membrane conductor.

SOLUTION: Two kinds of membrane capacitors 1, 2 formed by the dielectric membranes 11, 12, and the electrodes 12, 13, 22, 23, wherein only the thicknesses  $t_1$ ,  $t_2$  of the dielectric membrane 11, 12 are different are prepared. This method is characterized by measuring impedances of the two kinds of the membrane capacitors 1, 2, respectively, subtracting the impedances of the two kinds of the membrane capacitors 1, 2, to thereby erase the impedance effect caused by the inductance and the electric resistance of the electrodes 12, 13, 22, 23, and acquiring the dielectric constants and/or the dielectric loss tangents of the dielectric membranes 11, 12.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-286771

(P2002-286771A)

(43)公開日 平成14年10月3日 (2002.10.3)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 R 27/26

H 0 1 G 13/00

識別記号

3 6 1

F I

G 0 1 R 27/26

H 0 1 G 13/00

テマコード<sup>\*</sup>(参考)

H 2 G 0 2 8

3 6 1 Z 5 E 0 8 2

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全6頁)

(21)出願番号 特願2001-93563(P2001-93563)

(22)出願日 平成13年3月28日 (2001.3.28)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72)発明者 中山 明

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72)発明者 見島 常雄

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地3号  
京セラ株式会社中央研究所内

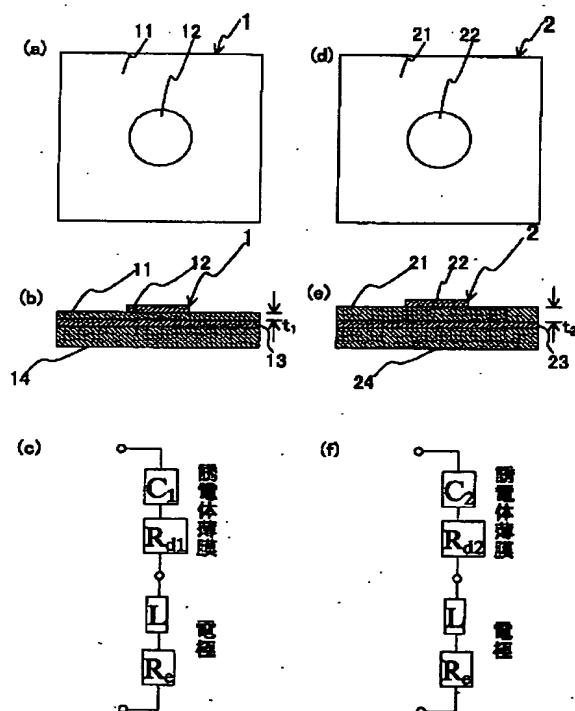
F ターム(参考) 2G028 AA02 BB06 BC02 BF08 CG02  
CG06 CG08 CG09 CG10 DH14  
DH15 HN09  
5E082 FG03 MM09 MM35

(54)【発明の名称】 高周波特性測定法

(57)【要約】

【課題】誘電体薄膜の比誘電率、誘電正接、又は薄膜導体からなる電極のインダクタンス、抵抗を高精度に測定することができる高周波特性測定法を提供する。

【解決手段】誘電体薄膜11、21と電極12、13、22、23により形成され、誘電体薄膜11、21の厚み $t_1$ 、 $t_2$ さのみが異なる2種類の薄膜コンデンサ1、2を準備し、該2種類の薄膜コンデンサ1、2のインピーダンスをそれぞれ測定し、該2種類の薄膜コンデンサ1、2のインピーダンスを減算して、電極12、13、22、23のインダクタンスと電気抵抗によるインピーダンス効果を消去し、誘電体薄膜11、21の比誘電率及び/又は誘電正接を求めることを特徴とする。



(2)

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】誘電体薄膜と電極により形成され、前記誘電体薄膜の厚さのみが異なる2種類の薄膜コンデンサを準備し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスをそれぞれ測定し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスを減算して、前記電極のインダクタンスと電気抵抗によるインピーダンス効果を消去し、前記誘電体薄膜の比誘電率及び／又は誘電正接を求めることを特徴とする高周波特性測定法。

【請求項2】誘電体薄膜と電極により形成され、前記誘電体薄膜の厚さのみが異なる2種類の薄膜コンデンサを準備し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスをそれぞれ測定し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスにそれぞれ異なる前記薄膜コンデンサの誘電体薄膜の厚みを乗じて減算し、前記誘電体薄膜の特性により決定される電気抵抗と容量によるインピーダンス効果を消去し、前記電極のインダクタンス及び／又は電気抵抗を求めることを特徴とする高周波特性測定法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、誘電体薄膜の比誘電率、誘電正接を求めたり、電極のインダクタンス、電気抵抗を求めたりするための高周波特性測定法に関するものである。

## 【0002】

【従来技術】近年においては、マイクロ波の非線形デバイスに高誘電率薄膜を応用する研究が盛んに行われており、その誘電特性の測定法が求められている。高誘電率薄膜の誘電特性は、従来から、高誘電率薄膜と電極から構成されたストリップラインやマイクロストリップライン等の伝送特性、或いはコンデンサのインピーダンスから求められてきた。

【0003】又、高誘電率薄膜をデバイスとして使用する場合、チューナブルコンデンサとして使用する場合が最も一般的であるので、この時に導体薄膜等で形成される電極のインダクタンスや抵抗の測定法が求められている。チューナブルコンデンサにおいて導体薄膜等で形成される電極のインダクタンスや抵抗の測定法は、従来から、誘電体基板の上に、同形状、同材料からなる電極を形成して、そのインピーダンスより求められてきた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年においてはより高周波領域で、例えば数十MHz～数GHzにおいて正確な高誘電率薄膜の誘電特性が要求されるようになっているが、高誘電率薄膜の誘電特性をストリップラインやマイクロストリップライン等の伝送特性から求める場合には、上記したような高周波領域では線路を構成する導体のロスを完全に分離、除去して誘電体だけの特性を得ることが困難であるため、純粋な誘電体薄膜の評価になっていないことが懸念であった。

【0005】又、高誘電率薄膜の誘電特性をコンデンサのインピーダンスから求める場合には、電極のロスの影響の他に、電極のインダクタンスによるLC共振の効果を補正することが困難であるため、測定精度が低いと言う問題があった。これを解決するために独自のオープン補正用の補正用素子とショート補正用の補正用素子を用い、電極のロスとインダクタンスを補正して、高誘電率薄膜の誘電特性を測定する方法が特開平8-226941号公報で開示されているが、補正用素子と測定用素子の構造が複雑で作製が困難であるという課題があった。

【0006】従って、本発明は上述の技術的課題を解決し、誘電体薄膜の比誘電率、誘電正接、又は薄膜導体からなる電極のインダクタンス、抵抗を高精度に測定することができる高周波特性測定法を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の高周波特性測定法は、誘電体薄膜と電極により形成され、前記誘電体薄膜の厚さのみが異なる2種類の薄膜コンデンサを準備し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスをそれぞれ測定し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスを減算して、前記電極のインダクタンスと電気抵抗によるインピーダンス効果を消去し、前記誘電体薄膜の比誘電率及び／又は誘電正接を求めることを特徴とする。

【0008】このような高周波特性測定法によれば、従来測定が困難であった薄膜コンデンサを構成する誘電体薄膜の比誘電率、誘電正接を、MHzからGHzまでの広い周波数領域において、電極による影響を除去して求めることができ、純粋な誘電体薄膜の比誘電率、誘電正接を評価することができるとともに、従来のような補正用素子を用いることなく、容易に誘電体薄膜の比誘電率、誘電正接を求めることができる。

【0009】また、本発明の高周波特性測定法は、誘電体薄膜と電極により形成され、前記誘電体薄膜の厚さのみが異なる2種類の薄膜コンデンサを準備し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスをそれぞれ測定し、該2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスにそれぞれ異なる前記薄膜コンデンサの誘電体薄膜の厚みを乗じて減算し、前記誘電体薄膜の特性により決定される電気抵抗と容量によるインピーダンス効果を消去し、前記電極のインダクタンス及び／又は電気抵抗を求めることを特徴とする。

【0010】このような高周波特性測定法によれば、従来測定が困難であった薄膜コンデンサを構成する薄膜からなる電極のインダクタンス、電気抵抗を、MHzからGHzまでの広い周波数領域において、誘電体薄膜による影響を除去して求めることができ、純粋な電極のインダクタンス、電気抵抗を評価することができるとともに、従来のような補正用素子を用いることなく、容易に電極のインダクタンス、電気抵抗を求めることができ

(3)

3

る。

## 【0011】

【発明の実施の形態】本発明の高周波特性測定法においては、図1に示すように、先ず、2種類の薄膜コンデンサ1、2を準備する。薄膜コンデンサ1は、図1

(a)、(b)に示すように、誘電体薄膜11と、この誘電体薄膜11の両側に形成された電極12、13と、支持基板14により構成されており、薄膜コンデンサ2は、図1(d)、(e)に示すように、誘電体薄膜21と、この誘電体薄膜21の両側に形成された電極22、23と、支持基板24により構成されている。

【0012】下側の電極13、23、および誘電体薄膜11、21は、四角形状に形成され、上側の電極12、22は、誘電体薄膜11、21の中央部に円形状に形成されている。

【0013】そして、薄膜コンデンサ1、2では、誘電体薄膜21の厚み $t_2$ が誘電体薄膜11の厚み $t_1$ と異なるように作製される。即ち、支持基板14、24、電極13、23、電極12、22は材料、寸法等が全く同一であり、誘電体薄膜11、21においては、材料等は同一であるが、その厚みのみが異なるように形成されている。

【0014】薄膜コンデンサ1の複素インピーダンス $Z_1$ \*

$$Z_1 = R_{d1} - j/\omega C_1 + R_e + j\omega L$$

## 【0018】

$$Z_2 = R_{d2} - j/\omega C_2 + R_e + j\omega L$$

【0019】のように表すことができる。ここで薄膜コンデンサ1、2の電極12、13、22、23は同形状、同寸法、同厚み、同材料であるので、それらのインダクタンス $L$ と電気抵抗 $R_e$ は同一となる。従って複素インピーダンス $Z_1$ 、 $Z_2$ の減算によって、インダクタンス $Z_{1-2}$

$$\begin{aligned} Z_{1-2} &= Z_1 - Z_2 \\ &= R_{1-2} + jX_{1-2} \\ &= R_{d1} - R_{d2} - j(1/\omega C_1 - 1/\omega C_2) \end{aligned}$$

ここで、 $R_{1-2}$ と $X_{1-2}$ は複素インピーダンス $Z_{1-2}$ の実部と虚部を表す。

【0021】キャパシタンス $C_1$ 、 $C_2$ は、上部電極面積 $S$ が誘電体薄膜の厚み $t_1$ 、 $t_2$ に比べて極めて大きいことを考慮すれば、比誘電率 $\epsilon'$ 、真空の誘電率 $\epsilon_0$ により、 $C_1 = \epsilon_0 \epsilon' S / t_1$ 、 $C_2 = \epsilon_0 \epsilon' S / t_2$ と表せ☆

$$X_{1-2} = \frac{t_2 - t_1}{\omega \epsilon_0 \epsilon' S}$$

【0023】を得る。(4)式により、 $X_{1-2}$ の測定値、薄膜コンデンサ1、2の誘電体薄膜11、21の厚み $t_1$ 、 $t_2$ 、角周波数 $\omega$ 、真空の誘電率 $\epsilon_0$ 、上部の電極12、22の面積 $S$ を代入することにより、誘電体薄膜11、21の比誘電率 $\epsilon'$ を、電極12、13、22、23によるインダクタンスの影響を受けて得るこ

(3)

4

\*1は、図1(c)に示すように、薄膜コンデンサ1により形成されるキャパシタンス $C_1$ と、誘電体薄膜11の誘電損失による電気抵抗 $R_{d1}$ 及び、一对の電極12、13により形成されるインダクタンス $L$ と、該電極12、13により形成される電気抵抗 $R_e$ の直列等価回路として表すことができる。ここで、キャパシタンス $C_1$ 、電気抵抗 $R_{d1}$ は誘電体薄膜の特性に起因する特性であり、インダクタンス $L$ 、電気抵抗 $R_e$ は電極12、13の特性に起因する特性である。

【0015】同じように、薄膜コンデンサ2の複素インピーダンス $Z_2$ は、図1(f)に示すように、薄膜コンデンサ2により形成されるキャパシタンス $C_2$ と、誘電体薄膜21の誘電損失による電気抵抗 $R_{d2}$ 及び、一对の電極22、23により形成されるインダクタンス $L$ と、該電極22、23により形成される電気抵抗 $R_e$ の直列等価回路として表すことができる。ここで、キャパシタンス $C_2$ 、電気抵抗 $R_{d2}$ は誘電体薄膜の特性に起因する特性であり、インダクタンス $L$ 、電気抵抗 $R_e$ は電極22、23の特性に起因する特性である。

【0016】従って複素インピーダンス $Z_1$ 、 $Z_2$ は、 $j$ を虚数単位、 $\omega$ を角周波数として

## 【0017】

## 【数1】

(1)

## ※※【数2】

(2)

★ス $L$ と電気抵抗 $R_e$ を、次のように、消去することができる。

## 【0020】

## 【数3】

(3)

☆るので、これらを(3)式の虚部に代入すると、

## 【0022】

## 【数4】

(4)

とができる。

【0024】又、誘電体薄膜11、21の誘電正接 $\tan \delta$ は(3)式の実部と虚部の比

## 【0025】

## 【数5】

(4)

5

$$\tan \delta = \left| \frac{R_{1-2}}{X_{1-2}} \right|$$

6

(5)

【0026】より求めることができる。

【0027】次に、本発明の電極のインダクタンス及び／又は電気抵抗の測定法について詳細に説明する。上記した(1)、(2)式より、誘電体薄膜の特性により決まる電気抵抗 $R_{d1}$ 、 $R_{d2}$ 、 $C_1$ 、 $C_2$ を消去するため、\*

$$t_2 Z_1 = t_2 R_{d1} - j t_2 / \omega C_1 + t_2 (R_e + j \omega L) \quad (6)$$

【0029】

※※【数7】

$$t_1 Z_2 = t_1 R_{d2} - j t_1 / \omega C_2 + t_1 (R_e + j \omega L) \quad (7)$$

【0030】ここで平板コンデンサのキャパシタンスが、誘電体薄膜11、21の厚み $t_1$ 、 $t_2$ に逆比例するので、 $t_2/C_1 = t_1/C_2$ となる。又、 $R_{d1} = t_1 \tan \delta / \omega C_1$ 及び $R_{d2} = t_2 \tan \delta / \omega C_2$ であることより、★

$$t_2 Z_1 - t_1 Z_2 = t_2 (R_e + j \omega L) - t_1 (R_e + j \omega L) \quad (8)$$

【0032】を得る。 $Z_1 = R_1 + j X_1$ 、 $Z_2 = R_2 + j X_2$ として(8)式の実部を整理すると、☆

$$R_e = \frac{t_2 R_1 - t_1 R_2}{t_2 - t_1} \quad (9)$$

【0034】を得る。(9)式により、 $R_1$ 、 $R_2$ の測定結果、及び誘電体薄膜11、21の厚み $t_1$ 、 $t_2$ を代入することにより、誘電体薄膜11、21の影響を受けずに、電極の電気抵抗 $R_e$ を求められる。同じように◆

$$L = \frac{t_2 X_1 - t_1 X_2}{\omega (t_2 - t_1)} \quad (10)$$

【0036】を得る。(9)式により、 $X_1$ 、 $X_2$ の測定結果から、誘電体薄膜の影響を受けずに、電極12、13、22、23のインダクタンス $L$ を求めることができる。

【0037】本発明の測定法では、周波数が1MHz～10GHzの高周波領域での測定に適しており、特には1MHz～2GHzでの測定に適している。

【0038】本測定法で使用する測定装置は、1MHz～数GHzにおけるインピーダンスを測定する必要があることから、インピーダンスアナライザーやネットワークアナライザが適当である。

【0039】本測定法によれば、インピーダンスの測定精度を確保するために、インピーダンスが50オームに近くなるように、測定用の薄膜コンデンサの誘電体薄膜や電極厚み、電極面積を設計、作製することが望ましい。これにより、インピーダンスの測定誤差を小さくすることができる。又、電極の縁端における電界の回り込み効果、即ち縁端効果を無視できるようにするために、電極の直径或いは一片の長さは誘電体薄膜の厚さの100倍以上であることが望ましい。

【0040】

【実施例】本発明の測定法に使用した薄膜コンデンサを図2に示す。この薄膜コンデンサ3は、サファイア基板

\* (1)式の両辺に $t_2$ を、(2)式の両辺に $t_1$ をかける。即ち、

【0028】

【数6】

※※【数7】

$$t_2 Z_1 - t_1 Z_2 = t_2 (R_e + j \omega L) - t_1 (R_e + j \omega L) \quad (7)$$

★  $t_2 R_{d1} = t_1 R_{d2}$ となる。従って、(6)～(7)より【0031】

【数8】

$$t_2 Z_1 - t_1 Z_2 = t_2 (R_e + j \omega L) - t_1 (R_e + j \omega L) \quad (8)$$

☆【0033】

☆【数9】

◆(8)式の虚部を整理すると、

【0035】

【数10】

35の上にAu電極33を形成し、その上に(Ba1/2Sr1/2)TiO<sub>3</sub>誘電体薄膜31(以後BST薄膜とする)を形成し、さらにその上部に2個の金電極32、34を形成することにより構成した。これにより、市販の測定プローバーの2端子を上部から電極32、34に接触させて、インピーダンスをより簡便に測定できるようしている。

【0041】誘電体薄膜31の厚みが0.14μm、0.30μmの図2で示した薄膜コンデンサ3を2種類作製し、これらの2種の薄膜コンデンサのインピーダンスから、電極32、33、34のインダクタンスの効果を無視して計算した比誘電率と、それらの2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスから、本発明の測定法により電極32、33、34のインダクタンスを補正して求めた比誘電率を図3に示した。

【0042】この図3から、電極32、33、34のインダクタンスの効果を補正しない従来の比誘電率の求め方では、500MHz以上で、比誘電率は見かけ上、周波数とともに増加している。これはLC共振の効果である。特に0.14μm厚みの薄膜コンデンサでは、このLC共振の効果がより顕著であることが判る。

【0043】これに対し、本発明の測定法により電極32、33、34のインダクタンスを補正して求めた比誘

(5)

7

電率は、周波数に対して平坦か、もしくは僅かに減少する傾向を示している。これは比誘電率の周波数特性として妥当な傾向であり、本発明の測定法により電極32、33、34のインダクタンスの効果を補正できていることを示している。

【0044】図4では、誘電体薄膜の厚みが0.14μm、0.30μmの薄膜コンデンサのインピーダンスから、電極32、33、34の抵抗とインダクタンスの効果を無視して計算した誘電正接と、それらの2種類の薄膜コンデンサのインピーダンスから、本発明の測定法により電極32、33、34の抵抗とインダクタンスを補正して求めた誘電正接を比較している。

【0045】この図4から、電極32、33、34の抵抗とインダクタンスの効果を補正しない従来の誘電正接の求め方では、誘電正接は真の値よりも大きく測定されている。特に0.14μm厚みの薄膜コンデンサでは、この効果がより顕著である。

【0046】これに対し、本発明の測定法により電極32、33、34の抵抗とインダクタンスを補正して求めた誘電正接は、周波数に対して、よりなだらかに増加する特性を示している。これは誘電体の誘電正接の周波数特性としてより妥当な傾向を示しており、本発明の測定法により電極32、33、34の抵抗とインダクタンスの効果を補正して誘電正接が測定できていることを示している。

【0047】図5では、本発明の測定法により、誘電体薄膜の厚みが0.14μm、0.30μmの薄膜コンデンサのインピーダンスから、誘電体薄膜によるキャパシタンスと誘電正接の効果を除去して、電極32、33、34の抵抗とインダクタンスを求めた結果を示した。薄膜コンデンサの電極32、33、34のインダクタンス

8

や抵抗を、薄膜コンデンサの特性から直接求めることは従来においては不可能であったが、本発明では、図5から、薄膜コンデンサ電極の微小なインダクタンスや抵抗が測定できることが判る。

【0048】

【発明の効果】以上、詳述した通り、本発明の高周波特性測定法によれば、従来測定が困難であった薄膜コンデンサを構成する誘電体薄膜の比誘電率、誘電正接、及び電極のインダクタンス、抵抗をMHzからGHzまでの広い周波数領域で測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の高周波特性測定法の測定原理を説明するもので、(a)は薄膜コンデンサ1の平面図、(b)は(a)の縦断面図、(c)は薄膜コンデンサ1の等価回路、(d)は薄膜コンデンサ2の平面図、(e)は(d)の縦断面図、(f)は薄膜コンデンサ2の等価回路を示す図である。

【図2】本発明の測定法の実施例に使用した薄膜コンデンサを示すもので、(a)は平面図、(b)は(a)の縦断面図である。

【図3】薄膜コンデンサを構成する誘電体薄膜の比誘電率の測定結果を示す図である。

【図4】薄膜コンデンサを構成する誘電体薄膜の誘電正接の測定結果を示す図である。

【図5】薄膜コンデンサを構成する電極のインダクタンスと抵抗の測定結果を示す図である。

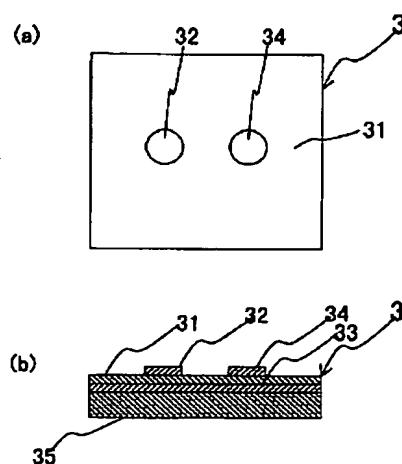
【符号の説明】

1、2、3…薄膜コンデンサ

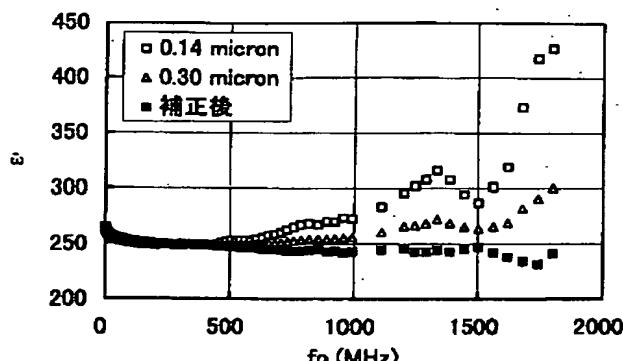
11、21、31…誘電体薄膜

12、13、22、23、32、33、34…電極

【図2】

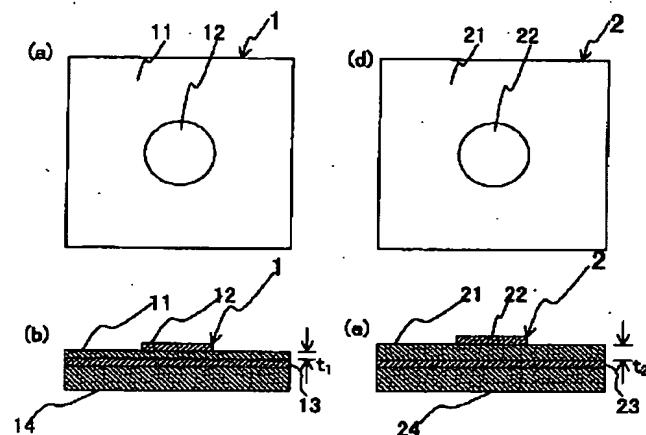


【図3】

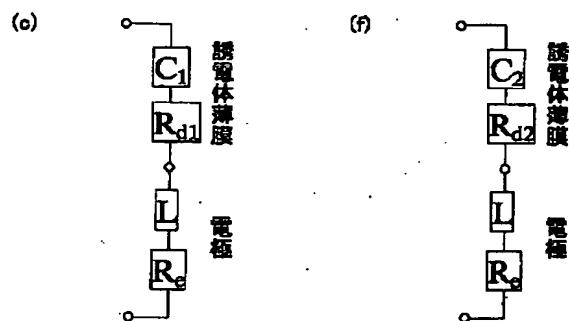
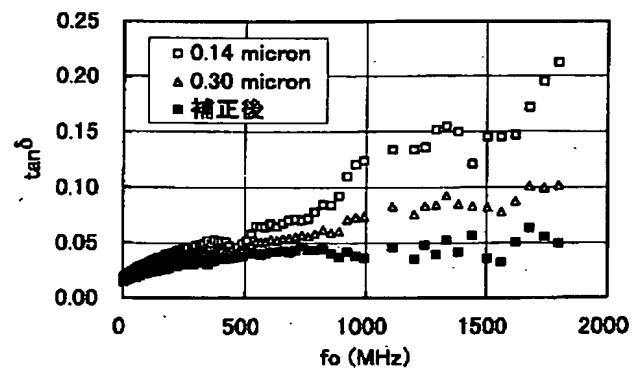


(6)

【図1】



【図4】



【図5】

